

81-88

## 209HS型准高速客车转向架

黄诒祥 沈培德 钱立新 楚永萍

**摘要** 介绍 209HS 型转向架的研制情况,产品性能、特点、试验和运行情况。对需要解决的关键技术问题,进行了重点论述,例如动力学性能和制动问题等。

**主题词** 客车转向架 产品 综述

**自由词** 准高速 209HS 型

**Abstract** In this paper, the development, product performance, feature, test and operation of trucks type 209HS are introduced. For key technical problems necessary to be solved are demonstrated emphatically, such as dynamic performance and braking problems.

**Key Words** passenger car truck; product; survey

**Free Words** quasi-high speed; type 209HS

## 1 引言

按照国家“八五”攻关项目准高速双层旅客列车的要求,在双层客车 209PK 型转向架成功经验的基础上,南京浦镇车辆厂联合上海铁道大学、铁道部科学研究院、西南交通大学,共同研制了 209HS 型准高速客车转向架,见图 1。209HS 型转向架按运用速度 160km/h 设计,但也考虑到试验速度达到

180 和 200km/h 的可能性。

研制高速转向架有两个方面的关键问题,一是提高转向架的蛇形临界速度(稳定性)和高速时的横向、垂向的平稳性,使平稳性指标小于 2.5。二是在 160km/h 速度下在 1400m 制动距离内安全停车。

对于第一个问题,209HS 型转向架在 209PK 型转向架的基础上作了三大改进:

(1) 轴箱定位结构由弹性摩擦套定位改为无磨耗的橡胶堆定位,这种橡胶堆定位器外形为抛物线形状,带有缺口,可在 X、Y、Z 的 3 个方向调整定位刚度,使蛇形临界速度达到最高的数值(提高了稳定性)。

黄诒祥、楚永萍 南京浦镇车辆厂 210032 南京  
沈培德 上海铁道大学轮轨研究所 200333 上海  
钱立新 铁道部科学研究院科研处 100081 北京  
收稿日期:1995-05-15

强度薄弱部位的受力情况。

(4) 补强侧板(裙板)上角部采用加大圆弧半径,减轻了重量,且有效地降低了该处应力集中。现最大合成应力为  $151.5\text{MN/m}^2$ , 低于原双客该部位应力 ( $194.3\text{MN/m}^2$ )。

(5) 取消窗角补强板减轻了重量,有利于窗胶条密封和防腐,而对窗角强度影响不大,仅鱼腹过渡区附近两个下部小窗角需

加补强。

(6) 软座行李合造车车体行李间部分底架采用枕后 4 根小纵向梁和厚 3mm 平地板结构,较传统结构明显减轻了重量,又能确保强度、刚度。

(7) 带大拉门的客车车体(行李车、邮政车等)采用门框周边密集式框架结构对解决拉门强度不足是有效的。

(2) 摇动台吊杆端部由销孔结构改为无磨损的弹性吊杆结构。这种弹性吊杆,大大减少了摇动台横向摆动时的摩擦阻力,并加长了吊杆的有效长度,从而使二系横向刚度减少到最低的数值,大大减少了轨道横向不平顺对于车体的响应(提高了平稳性)。

(3) 改心盘支重为全旁承支重,利用旁承的摩擦力矩阻止转向架的蛇形运动,提高了转向架的临界速度并提高稳定性和车体的平稳性。

对于第二点,209HS 型转向架在 209PK 型转向架的基础上做了两项工作:

(1) 研究了 H300 型制动盘与 5445 型无石棉合成闸片在 160km/h 速度下的匹配问题,进行了试验台试验、单车溜放制动及列车制动试验,使制动盘及闸片能适应 160km/h 速度下制动时的制动功率、制动应力及制动距离的要求。

(2) 加装微处理器控制的防滑装置,在提高制动率的情况下,车轮不产生打滑现象,充分利用粘着,保证在规定的制动距离内停车。

除了以上两大问题的改进之外,209HS 型转向架较 209PK 型转向架改进之处还有:取消空气弹簧阻尼孔,加装二系垂向减振器;减少一系轴箱弹簧刚度,加装一系垂向减振器以及增加轴箱弹簧垫的柔性等。

1992 年,北京环形试验线最高速度 160km/h 的动力学试验及单车制动溜放试验,1994 年,北京环形试验线最高速度 183km/h 的准高速列车动力学及制动性能试验,1994 年底,广深线 173km/h 速度的动力学性能试验,证明了 209HS 型转向架的上述各项改进措施是有效的,并达到了规定的目标值:160km/h 速度下平稳性指标小于 2.5,制动距离小于 1400m。

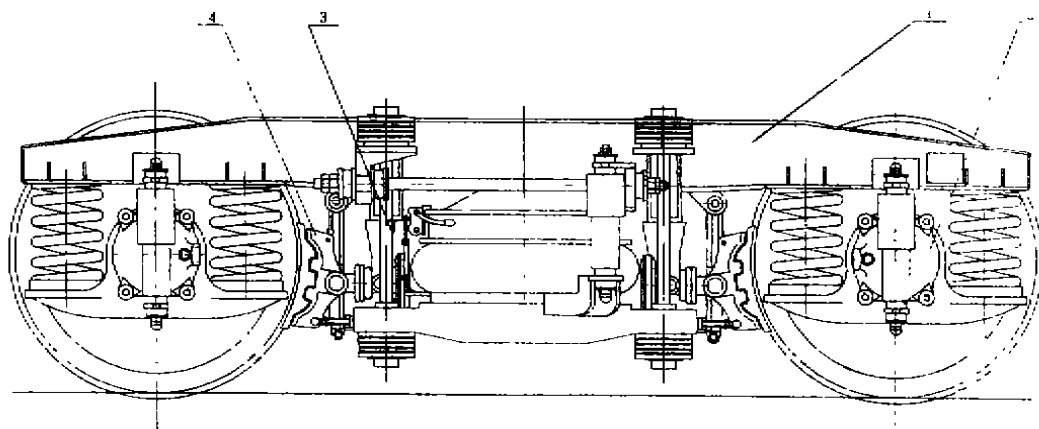


图1 209HS 型准高速转向架

1—构架组成;2—导柱式轮对定位装置;3—中央悬挂装置;4—制动装置。

## 2 转向架的一系悬挂

一系悬挂,尤其是一系定位刚度是提高转向架蛇形临界速度的关键参数。原 209PK 型转向架的每一轴箱实测定位刚度为: $K_{pz} = 11.54\text{MN/m}$ ;  $K_{py} = 16.03\text{MN/m}^2$ ;  $K_{px} =$

$1.43\text{MN/m}$ 。因弹性定位套与摩擦套之间存在间隙,定位刚度呈非线性形状且随磨损的增大而变化。209HS 型转向架改为橡胶堆定位器后,轴箱无间隙,定位刚度稳定,设计时按橡胶硬度的不同选择了 8 种定位刚度的方案(见表 1)。

表 1 橡胶堆定位的 8 种方案

方案	1	2	3	4	5	6	7	8
$K_{px}/\text{MN} \cdot \text{m}^{-1}$	8.858	10.615	12.86	14.708	17.338	22.785	26.739	34.358
$K_{py}/\text{MN} \cdot \text{m}^{-1}$	3.797	4.59	5.298	6.676	8.198	10.014	12.173	14.212
$K_{pz}/\text{MN} \cdot \text{m}^{-1}$	1.072	1.226	1.386	1.598	1.788	2.058	2.316	2.614

经计算机仿真计算得到的临界速度见图 2。

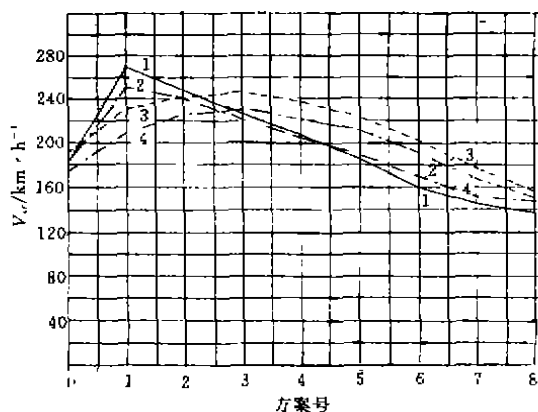


图 2 209HS 型转向架 8 种轴箱定位刚度的临界速度值

(1)  $\lambda=0.05$ ; (2)  $\lambda=0.10$ ; (3)  $\lambda=0.20$ ; (4)  $\lambda=0.3$   
( $\lambda$  为有效锥度, 0 号方案为 209PK 型转向架)。

由图 2 可以看出, 对于  $\lambda=0.05$  的新轮, 原 209PK 型转向架 (0 号方案) 的临界速度只有 180km/h, 而采用橡胶堆定位第一方案可提高到 270km/h。

第一批生产的橡胶堆定位器为 ZSD1 型, 该型每一轴箱的三维平均定位刚度为:  $K_{px}=9.334\text{MN/m}$ ;  $K_{py}=3.862\text{MN/m}$ ;  $K_{pz}=1.053\text{MN/m}$ , 其数值与设计的第一方案非常接近。

ZSD3 型橡胶堆定位器是 ZSD1 型橡胶堆定位器的改进型, 其体积更小, 可以装在轴箱弹簧内。更主要的是其定位点与车轴中心线可保持同一高度。装有 ZSD3 型橡胶堆定位器的一系悬挂结构见图 3。1994 年北京环形试验线 183km/h 高速试验和现在广深线

投入运营的准高速双层客车都装有 ZSD3 型橡胶堆定位器, 这种定位器在研制过程中进行了以下试验: (1) 常温静特性和动特性试验; (2) 高温 (50℃) 静特性和动特性试验; (3) 低温 (-20℃) 静特性和动特性试验; (4) 低温 (-50℃) 静特性和动特性试验; (5) 疲劳试验。静挠度 13mm, 动挠度  $\pm 12\text{mm}$ , 振幅 24mm, 频率 3Hz, 试验循环数 200 万次。

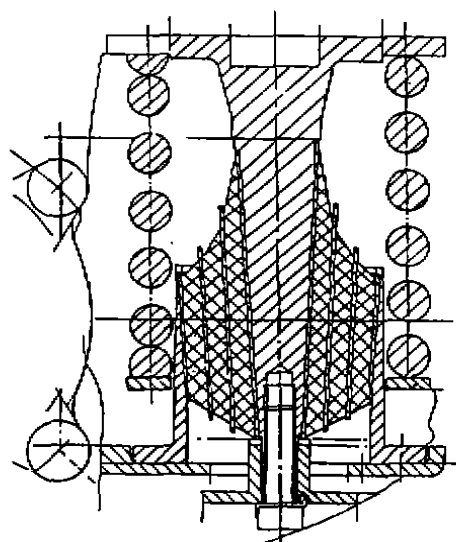


图 3 装有 ZSD3 型橡胶堆定位器的 209HS 型转向架一系悬挂

橡胶堆定位器经试验应达到上海铁道学院轮轨所高技术产品开发部 ZSD3 型橡胶堆定位器技术条件, 符合该技术条件的橡胶堆定位器适合我国最北方和最南方使用。该定位器按前述第一、二、三方案的刚度, 可分为 A、B、C 三类, A 类定位器的橡胶肖氏硬度为  $29 \pm 5^\circ$ , B 类为  $38 \pm 5^\circ$ , C 类为  $46 \pm 5^\circ$ , 出厂的每一个橡胶堆定位器都需挂有  $K_x$ 、 $K_y$ 、 $K_z$  三维

刚度值的标牌,其刚度离散值应控制在 20% 以内。

209HS 型转向架一系悬挂设计时,车辆的自重全部由轴箱钢弹簧承受,车辆落车后紧固橡胶堆定位器下面的螺丝,橡胶堆定位器才与轴箱弹簧并联工作,载重由钢弹簧与橡胶堆定位器共同承担。每一钢簧的垂向刚度为  $0.273\text{MN/m}$ ,每一橡胶堆定位器(A类)的垂向刚度为  $0.254\text{MN/m}$ ,两者的合并刚度为  $0.527\text{MN/m}$ 。这个数值较 209PK 型转向架的一个轴箱弹簧的垂向刚度( $0.713\text{MN/m}$ )还要小些,可改善垂向的平稳性。此外,为了增加一系垂向阻尼,209HS 型转向架还增设了一系垂向液压减振器,其阻力系数经优化计算,选择为  $60\text{kN}\cdot\text{s/m}$ 。

### 3 二系悬挂

209HS 转向架的二系悬挂采用膜式空气弹簧,其摇枕兼做附加空气室用,与 209PK 型转向架相同。所不同之处是 209HS 型转向架取消了空气弹簧与附加空气室之间的阻尼孔,而是采用垂向液压减振器,其阻尼系数经优化计算选为  $80\text{kN}\cdot\text{s/m}$ 。

采用弹性吊杆装置,吊杆端部结构见图 4。这种结构的优点是:(1)变磨损结构为无磨损结构;(2)消除了销孔结构的横向摩擦阻力,使摇动台摇动灵活;(3)使吊杆的有效长度增加,原 209PK 型吊杆长度为  $590\text{mm}$ ,现为  $710\text{mm}$ ,如考虑杆端吊杆移动中心的上移,实际吊杆长度还有所增加。209PK 型转向架二系横向刚度实测为  $1.074\text{MN/m}$ (每台转向架),而 209HS 型转向架二系横向刚度为  $0.352\text{MN/m}$ (每台转向架),即采用弹性吊杆后,横向刚度减少到原刚度值的  $\frac{1}{3}$  左右,效果非常显著;(4)吊杆两端的橡胶堆在垂向有减低高频振动与噪音的作用。吊杆橡胶堆采用扯断强度大于  $25\text{MPa}$  的高强度橡胶,在研制过程中进行了常温试验、高温试

验、低温试验与疲劳试验,这与橡胶堆定位器相同。吊杆橡胶堆的橡胶肖氏硬度为  $80\pm 5^\circ$ ,其垂向刚度为  $8.1\text{MN/m}$ ,误差小于  $\pm 20\%$ ,出厂的吊杆橡胶堆应做垂向刚度试验和  $100\text{kN}$  的耐压强度试验。吊杆橡胶堆可分为 DSD1 型和 DSD2 型两种,DSD1 型外径较小,承载能力相对较小,DSD2 型为 DSD1 型改进型,其外径加大到  $\varnothing 167\text{mm}$ (DSD1 型为  $\varnothing 140\text{mm}$ ),承载能力也有所提高。DSD2 型的下层碗形钢板内圈有翻边凸缘,可起到定位作用,这样,支承座上的定位凸边可以取消。

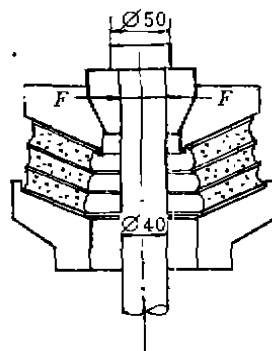


图 4

二系悬挂与 209PK 型转向架不同,采用了旁承支重方式。为了减少全旁承支重时的摩擦力矩,旁承从摇枕的外端移向内侧。旁承中心距由 209PK 型的  $2390\text{mm}$  减少到  $1400\text{mm}$ ,设计旁承摩擦系数为  $0.1$ ,旁承材料采用氟塑料金属自润滑材料,禁止润滑,旁承摩擦力矩空车时为  $17.5\text{kN}\cdot\text{m}$ ,重车时为  $19.25\text{kN}\cdot\text{m}$ 。心盘采用原结构,但落车时调整心盘间隙为  $3\text{mm}$ 。旁承支重可大大提高转向架的临界速度与横向运行平稳性,1992 年北京环形试验线双层客车  $160\text{km/h}$  高速试验证实了以上结论。但旁承支重增加了转向架进入曲线时导向轮的横向力,其最大横向力比心盘支重增加相当数值。为减小导向轮的横向力,可采用低摩擦系数旁承或部分旁

承支重。经理论研究表明,旁承摩擦力矩只要大于  $6\text{kN}\cdot\text{m}$ ,就有足够的摩擦力矩阻止转向架的蛇形运动,提高临界速度和运行平稳性。试验表明,部分旁承支重(旁承支重  $30\%\sim 40\%$ )具有和全旁承支重同样较好的效果。但现已装车的 25 辆 209HS 型转向架仍采用了全旁承支重。

209HS 型转向架的横向挡改为弹头形状的非线性横向挡,它可大大降低轻接触时的横向刚度,在重接触时又不会因压死而产生硬性冲击。此外,当这种横向挡接触时不会产生垂向摩擦力。

二系悬挂的其他零部件包括摇枕、空气弹簧、抗侧滚扭杆等,与 209PK 型转向架完全通用。

#### 4 构架

为了减轻自重,采用钢板焊接型构架而不采用铸钢型构架。焊接构架有两种方案,一种是钢板压型结构,另一种是钢板拼焊结构。前者长客厂和唐山厂均可生产,在 209T 型转向架上已运用多年,现经改造加工用于 209HS 型转向架,其重量比原铸钢构架约能轻  $15\%\sim 20\%$ 。钢板压型构件最主要的优点是焊缝长度可以大大减少,外形比较美观。但世界各国的焊接构架采用钢板拼焊结构者居多,尤其是欧洲几乎全部采用钢板拼焊结构。

浦厂为了便于今后自行生产焊接构架,又设计试制了拼焊结构的 209HS 型转向架构架,并对侧梁与横梁的连接点进行了改进,见图 5。为避免在疲劳试验中发生裂纹,钢板拼焊结构使侧梁的下盖板和横梁的下盖板直接连结,这样使力的传递更为合理,避免了裂纹的产生。另外,完全取消下盖板上的横向焊缝,吊杆座与侧梁下盖板之间空  $5\text{mm}$  的间隙,一直延伸到横梁上才进行焊接。新的拼焊结构构架制成产品后称重为  $780\text{kg}$ ,并且在铁道部四方车辆研究所进行的疲劳试验中一次性通过了疲劳试验。

209HS 型准高速客车转向架 黄诒祥 沈培德 钱立新 楚永萍

#### 5 基础制动装置

209HS 型转向架的基础制动装置基本上与 209PK 型转向架相同,采用盘形制动加踏面清扫装置及空重车阀等。盘形制动使用带闸片自动调整的  $10\text{in}$  膜板式  $\text{SP}_2$  型制动单元,制动倍率为 1.31。踏面清扫装置采用带闸片自动调整的  $8\text{in}$  膜板式  $\text{SP}_4$  型制动单元,制动倍率为 1.0。采用 H300 型制动盘,进行了  $160\text{km/h}$  速度下的一系列试验台试验,采用准高速转向架专用的 5445 型合成闸片,其摩擦系数曲线如图 6 所示。

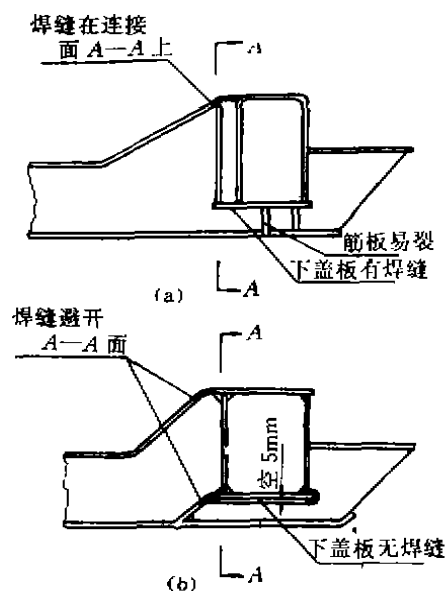


图 5  
(a)压型结构;(b)拼焊结构。

H300 型制动盘与 5445 型无石棉合成闸片在  $1:1$  制动力试验台上还进行了摩擦—磨损性能试验,空重工况下最高速度达  $180\text{km/h}$  的紧急制动停车试验及常用制动停车试验,试验表明,能满足  $160\text{km/h}$  速度下实制动距离小于  $1200\text{m}$  的要求,这就保证了在列车制动试验时紧急制动距离小于  $1400\text{m}$ ,制动盘最高温度不超过  $350^\circ\text{C}$ ,及制动盘摩擦面上的热应力不超过屈服极限应力。

的设计要求。SP<sub>2</sub>及SP<sub>4</sub>型单元制动性能良好,可在一个段修期内不用检修,维修工作量极小,工作可靠,5445型无石棉合成闸片基本上能保证使用寿命在一年以上。209HS型转向架的基础制动装置的结构见图7。

生滑动,此时经微处理器判断,使制动缸减压,防止了车轮打滑。由于采用了进口的防滑装置,试验时防滑效果显著。此外,还采用了氟塑料金属制动衬套,摩擦系数低、自润滑、制动效率高,因此能保证在规定的制动距离内停车。

## 6 转向架的动力学性能

209HS型转向架研制成功后共进行过4次动力学试验

(1) 1992年第一辆装有该型转向架的25B型SPZ10434号双层客车在沪宁线南京、常州间,动力学试验最高试验速度为100km/h,对比车为209PK型转向架的双层客车,其平稳性试验结果见图8。

(2) 1992年7月在北京环形试验线上,该车进行了最高试验速度为160km/h的动力学性能试验,平稳性试验结果见图9。

(3) 1994年4月在北京环形试验线上,准高速双层旅客列车进行了最高时速183km/h的动力学性能试验,共测试了5辆装有209HS型转向架的双层客车,5辆车全部装有ZSD3型定位器。其中,10611号、10604号、92053号车,装有A类定位器,10606号车装有B类定位器,10607号车装有C类定位器。平稳性试验结果示于图10。

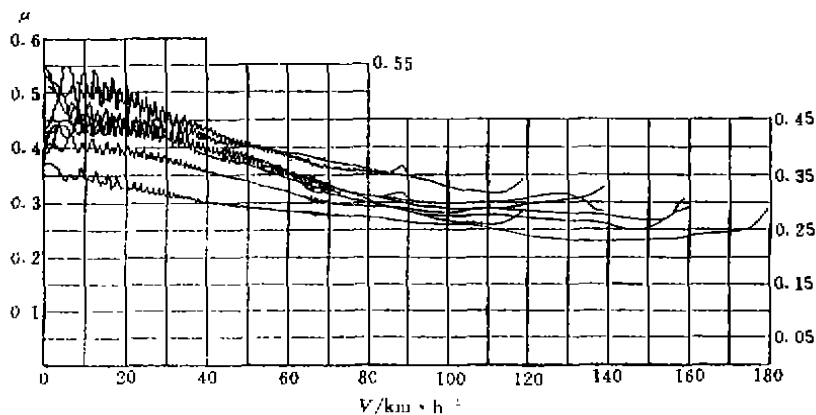


图6 H300型制动盘与5445  
闸片的摩擦系数曲线  
(双层重车工况 68t、制动率 32%)

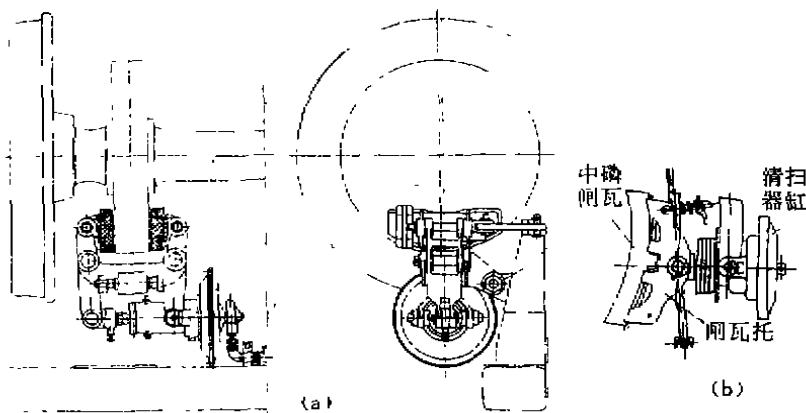


图7 209HS型转向架的基础制动装置  
a) 盘形制动装置; b) 踏面清扫装置。

此外,209HS型转向架的车轴轴头上装有带速度传感器的防滑装置,当某一轮对的绝对速度有较大的突变时,或4个轮对的相对速度差值达到某一数值时,表示车轮已产

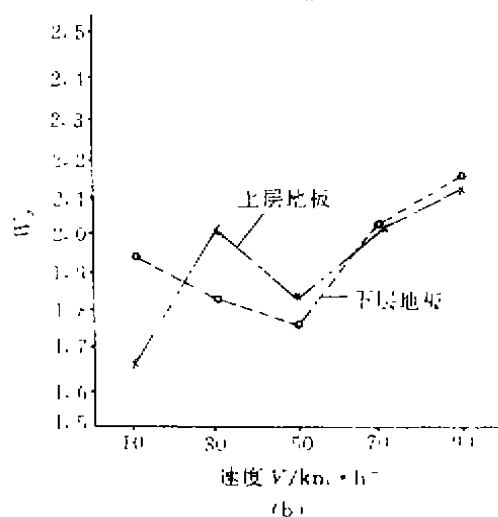
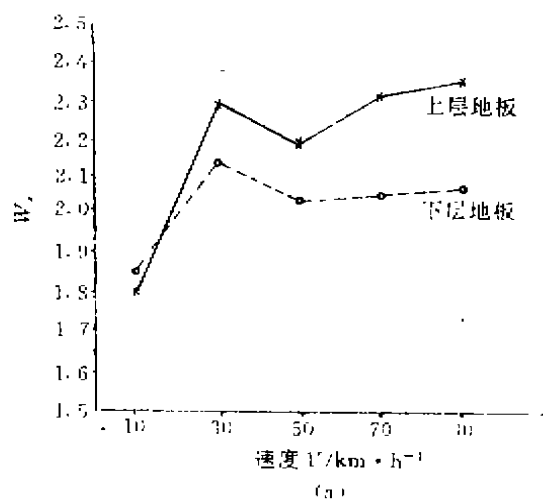


图8 1992年在沪宁线上的动力学试验结果  
(a)垂向平稳性指标;(b)横向平稳性指标。

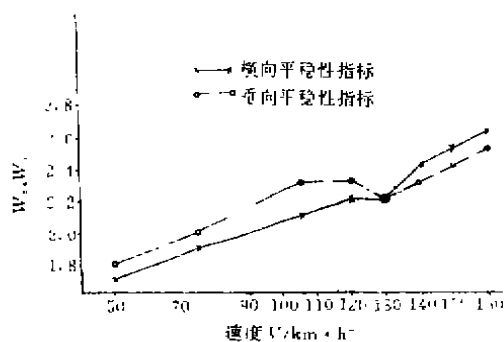


图9 1992年在北京环形试验线试验结果

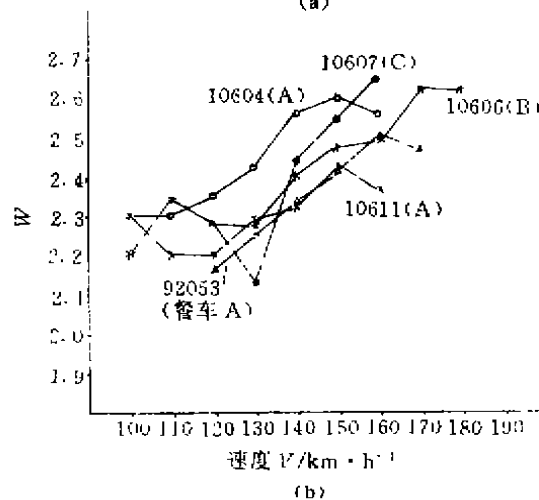
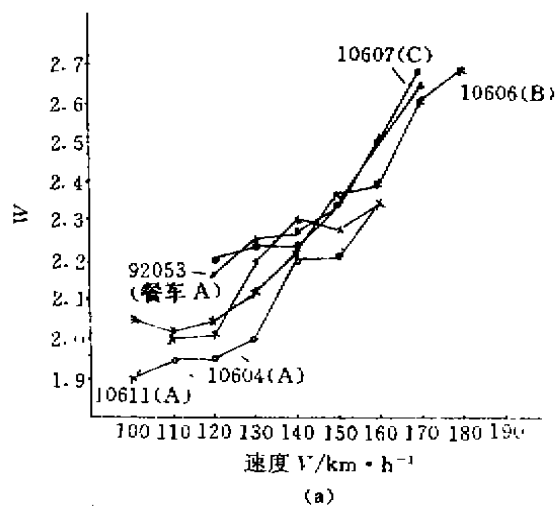


图10 1994年在北京环形试验线试验的平稳性指标  
(a)横向;(b)垂向。

## 7 制动性能

转向架装车后共进行过两次制动性能试验。

(1) 1992年7月,在北京环形线上进行了最高制动初速为160km/h的重车工况单车制动溜放试验,其试验结果见表2。

表2 浦厂准高速客车(25B型  
SRZ10434号)溜放制动试验数据表

闸次	速度/ km ·h <sup>-1</sup>	环线制 动距离 /m	折算平直 道制动距 离/m	制动 时间 /s	制动 缸压力 /kPa	平均减 速度/ m·s <sup>-2</sup>
1	159.2	1041.5	1046.5	45.16	390	0.93
2	159.5	1000.3	1004.9	42.4	400	0.98
3	161.1	1018.4	1023.1	43.33	395	0.99
4	160.3	987.4	991.9	41.34	405	0.999

(2) 1994年3~6月在北京环行线上进行了该转向架整列准高速双层客车(11辆,

加发电车共12辆)各种速度下的重车工况列车制动性能试验。最高制动初速为160km/h,试验结果示于表3。

所有制动试验结果表明,装有该型转向架的双层准高速客车在轴重达到16.5t的最大允许值情况下,在160km/h速度下实行紧急制动,能在1400m以内的制动距离内停车,完全达到了1994年12月31日铁道部发布的“铁路主要技术政策”中规定的数值。说明209HS转向架的基础制动装置是可靠的,完全符合准高速双层客车的使用要求。

表3 准高速列车制动距离试验数据表

闸号	制动类别	列车管减压量/kPa	制动初速/km·h <sup>-1</sup>	列车启动时分	列车制动时分	凉闸时间/min		实测制动距离/m	折合制动距离/m	制动时间/s	闸缸压力/kPa		冲动/g		No. 11车制动盘温度/℃
						静态	动态				机车	No. 11 1196号	No. 10 10504号	No. 11 1196号	
1	浦厂	紧急	159.9	9:25	9:33	8	12	1251.67	1260	51.8	440	420	0.34	0.38	115
2	104 阀	170	160.0	11:03	11:15	5	12	1386.52	1395	55.8	420	420	0.25	0.23	
3	专列	紧急	160.8	13:18	13:38	123	20	1307.08	1302	53.8	420			0.38	120
4	11 辆	170	160.1	13:53	14:07	15	14	1425.17	1433	56.6	430	425	0.25	0.24	105

注:试验时间为1994-05-02;天气晴;列车总重为803.7t。

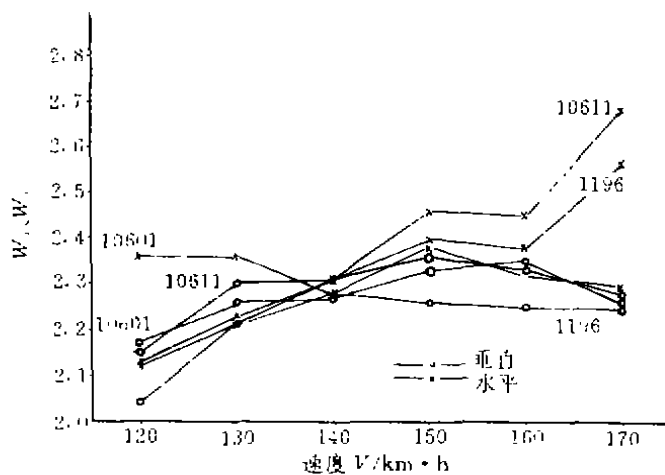


图11 装有209HS型转向架的准高速列车在广深线上做动力学试验的平稳性指标

## 8 结束语

209系列转向架是浦厂联合高等院校、科研单位完全依靠我国自己的技术力量研制出来的系列产品,其中包括208、209CD型,209T型、209P型、209PK型和最新研制的209HS型。209HS型转向架的研制成功使209系列转向架走上了一个新的台阶。广深线准高速列车动力学试验表明,其综合性能优于其他型号的转向架。1994年12月23日广深线开通后,准高速双层旅客列车运用速度已达160km/h,209HS型转向架的平稳性受到了中外旅客的好评。